Beiträge zur Kenntnis der Oogenese bei Harpacticiden, nebst biologischen Beobachtungen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

vereinigten Friedrichs-Universität zu Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Paul Krüger
aus Halle a. S.

Halle a. S.
1910

Referent:
Professor Dr. HAECKER.

Sonderabdruck aus dem »Archiv für Zellforschung«. Bd. VI. H. 2.
Herausgegeben von Prof. Dr. R. GOLDSCHMIDT in München.
Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

A. Einleitung 165
B. Biologische Beobachtungen 167
C. Material und Technik 172
D. Spezieller Teil:
I. Vorbemerkung 173
II. Untersuchungen an Jugendformen 174
III. Untersuchungen an geschlechtsreifen Tieren:
a) Vermehrungsperiode 175
b) Reifungsperiode:
1. Synapsis 175
2. Diakinese und biseriale Anordnung:
Canthocamptus staphylinus 177
Canthocamptus trispinosus 182
Nitocra hibernica 184
c) Atypische Funde 184
d) Der Nucleolus 185
Literaturverzeichnis 186
Tafelerklärung 188

A. Einleitung.

Canthocamptus staphylinus Jur. ist schon mehrmals zu oogenetischen Untersuchungen verwendet worden. HAECKER veröffentlichte im Jahre 1892: »Die Eibildung bei *Cyclops* und *Canthocamptus*.« Seine Resultate waren kurz folgende: »Nach den Teilungen der Keimzone werden durch einen eigentümlichen Verdoppelungsprozeß (»Diplose«) die (24) Chromosomen längs gespalten. Die 24 Doppelchromosomen legen sich nun zu einem Doppelfaden zusammen, welcher nach einem verwickelten Um-

bildungsprozeß vier Stäbchen, deren jedes aus sechs Doppelchromosomen besteht, liefert ... In den Richtungsspindeln finden hintereinander zwei Reduktionen statt. Auf Grund derselben wird die durch die »Diplose« verdoppelte Anzahl der Chromosomen gevierteilt, so daß also die Anzahl der Chromosomen im reifen Ei die Hälfte der für die Art charakteristischen Zahl beträgt.« 1895 erschien eine genauere Beschreibung der Vorgänge in: »Die Vorstadien der Eireifung.« Er berichtigt seine Funde wie folgt: »Schon im Keimpolsterstadium ist der Chromatinfaden längsgespalten. Es ist eine zusammenhängende Doppelfadenschlinge vorhanden. Der Doppelfaden segmentiert sich nach zwei verschiedenen Modi. Entweder kann eine Segmentierung des Fadens bereits eintreten zu einer Zeit, wenn der Doppelfaden noch eine feinfadig-körnige Beschaffenheit aufweist und seine Konzentrierung in die Kernmitte noch nicht ihren Anfang genommen hat. Im andern extremen Fall setzt die Segmentierung erst ein, nachdem der Doppelfaden sich in der Mitte des Kernraums zu einer einfachen Schlinge verdichtet und zusammengezogen hat. Die Chromosomen legen sich zu einer hufeisenförmigen Schlinge zusammen, die sich durch Segmentierung in zwölf Vierergruppen zerlegt.« Ebenso wird die Richtungskörperbildung ziemlich genau beschrieben und die zweite Reifungsteilung als Reduktionsteilung im Sinne Weismanns gedeutet. — Während ich schon mit meiner eigenen Untersuchung über die Oogenese bei *Canthocamptus staphylinus* und seinen Verwandten beschäftigt war, erschien die Arbeit von Matscheck: »Über die Eireifung und Eiablage bei Copepoden.« Ihm glückte durch geeignete Färbung die merkwürdigen »Doppelplatten« in einzelne Chromosomen zu zerlegen. Sie enthalten in biserialer Anordnung 2×12 Chromosomen. Außerdem bringt Matscheck eine genaue Beschreibung der Richtungskörperbildung. Beide Reifungsteilungen sind Äquationsteilungen.

Nun sind gerade bei *Canthocamptus* verschiedene Verhältnisse beobachtet worden, auf welche in späteren Arbeiten immer wieder Bezug genommen worden ist (frühzeitige Längsspaltung, Verhalten der Doppelstäbchen der Diakinese, Verhalten des Nucleolus, simultane Richtungskörperbildung). Auch sind einige der älteren Bilder Haeckers, besonders ein Medianschnitt durch das Ovarium (wie unten gezeigt werden soll, enthält diese Abbildung eine der ersten, vielleicht sogar die erste Darstellung des Synapsisstadiums) in verschiedene Lehrbücher und andre Schriften übergegangen. Es schien deshalb wünschenswert, den Gegenstand nochmals aufzunehmen.

Auf Veranlassung des Herrn Prof. Haecker habe ich daher im Spätsommer 1909 eine erneute Untersuchung der Eireifung von *Cantho-*

camptus-Arten unternommen, um die Angaben Haeckers und Matschecks nachzuprüfen und durch eigene Befunde zu einer möglichst vollständigen Beschreibung der Oogenese zusammenzustellen. Dabei sollten auch biologische Beobachtungen an den bei Halle a./S. vorkommenden Harpacticiden gemacht werden.

B. Biologische Beobachtungen.

Schmeil hatte bei der Bearbeitung seines grundlegenden Werkes über die Süßwasser-Copepoden Deutschlands folgende Harpacticiden in Halle a./S. und seiner weiteren Umgebung gefunden: *Canthocamptus staphylinus* Jur., *C. crassus* Sars, *C. northumbricus* Brady, *C. trispinosus* Rehberg und *Nitocra hibernica* Brady. Seitdem (1892) sind manche Tümpel, die Schmeil angibt, verschwunden. Trotzdem gelang es mir wenigstens drei Arten Schmeils wiederzufinden: *Canthocamptus staphylinus* Jur., *C. trispinosus* Rehberg und *Nitocra hibernica* Brady, und dazu eine für Halle neue Art, wenn auch nur in zwei Exemplaren: *Canthocamptus gracilis* Sars (2 ♀) (also kaum den sechsten Teil der in Deutschland gefundenen Arten). Merkwürdigerweise fanden sich in dem dicht bei Halle gelegenen Hochmoorrest zu keiner Jahreszeit Harpacticiden. Von Copepoden war überhaupt nur in sehr spärlicher Anzahl ein kleiner roter *Cyclops* darin vorhanden. Den Grund für diesen Mangel habe ich nicht ermitteln können, jedenfalls ist aber die Tatsache auffallend, da alle Harpacticidenforscher als Lieblingsaufenthalt für viele Arten Moore und Moorgräben angeben.

Die vier Arten, die ich für Halle feststellen konnte, fand ich, abgesehen von andern Fundorten für *Canthocamptus staphylinus* und *C. trispinosus*, alle zusammen in dem sogenannten Mosesteich auf den Passendorfer Wiesen dicht bei Halle. Der Mosesteich ist ungefähr $^3/_4$ Morgen groß, bei einer mittleren Tiefe von $1^1/_2$ m. Der Boden ist tief mit Schlamm, aus pflanzlichem und tierischem Detritus bestehend, bedeckt. Die Ufer sind mit Salix und Phragmites bestanden. Im Wasser selbst wächst reichlich Ranunculus, Potamogeton, Hydrocharis, Elodea, Lemna und Fadenalgen. Außer Wildenten und Wasserhühnern, die im angrenzenden Schilfdickicht nisten, bevölkern zahlreiche Fische und Kleintiere der mannigfachsten Art, besonders viel Krebstiere, das Wasser.

Leider kann ich nicht genaue Angaben über die Fortpflanzungsverhältnisse der von mir gefundenen Arten machen. Erstens erstrecken sich meine Beobachtungen kaum auf ein Jahr, und dann habe ich sie während eines Teiles des Winters unterbrochen, da ich genügend Material besaß. Immerhin stimmen sie nicht genau mit den Befunden Wolfs

(1905) für Württemberg überein. Zur bequemeren Übersicht gebe ich eine kurze Tabelle:

Canthocamptus staphylinus Jur.

Monat	Wolf	eigene Funde[1])
Juli	5. einige Junge	—
	19. fehlend	20. zahlreiche in Copula mit Eisäcken
August	4. fehlend	2. zahlreiche in Copula mit Eisäcken
	19. einige Junge.	12. zahlreiche in Copula mit Eisäcken
September	7. eine Menge in Copula.	6. wenige, meist Junge
	14. viele, manche mit Eisäcken	—
	—	20. zahlreiche, meist Junge
	28. viele, meist mit Eisäcken	—
Oktober	—	4. zahlreiche, meist Junge
	14. massenhaft, sehr viele in Copula	13. zahlreiche, meist Junge
	—	28. zahlreiche, mit Eisäcken
November	3. sehr häufig, viele in Copula oder mit Eisäcken	—
	—	9. zahlreiche, mit Eisäcken
	22. an Zahl etwas zurückgegangen, nahezu alle mit Eisäcken	—
Dezember	—	5. (von andrer Stelle) nicht sehr viele, mit Eisäcken
	bis Mitte Februar	—
April	nur wenige Junge und Erwachsene	29. äußerst zahlreiche Nauplien, Junge, in Copula, mit Eisäcken
Mai	nur wenige Junge und Erwachsene	9. äußerst zahlreiche Nauplien, Junge, in Copula, mit Eisäcken
	—	11. (von andrer Stelle), äußerst zahlreiche Nauplien, Junge, in Copula, mit Eisäcken, dann Rückgang der Zahl bis Ende Mai, durch *C. trispinosus* verdrängt

[1]) Alle Angaben beziehen sich, soweit nichts andres hinzugefügt ist, auf den oben angeführten Mosesteich.

Canthocamptus trispinosus Rehberg.

Monat	Wolf	eigene Funde
November	Anfang. Wenige	9. äußerst zahlreich, in Copula und mit Eisäcken
	Ende. Fehlend	—
April	noch nicht vorhanden	29. äußerst zahlreich, in Copula und mit Eisäcken
Mai	noch nicht vorhanden	9. äußerst zahlreich, in Copula und mit Eisäcken
	—	11. äußerst zahlreich, in Copula und mit Eisäcken
	erst 17. Juni	

Nitocra hibernica Brady.

April	—	29. etwa ein Dutzend mit Eisäcken
Mai	—	9. etwa ein Dutzend mit Eisäcken

Canthocamptus gracilis Sars.

nur im Herbst, nie im Frühjahr	erst im Frühjahr gefunden

Die Übereinstimmung zwischen Wolfs und meinen eigenen Befunden erstreckt sich also im wesentlichen auf das Auftreten einer deutlich ausgeprägten Fortpflanzungsperiode von *C. staphylinus* im Herbst. Im Gegensatz zu den Beobachtungen in Württemberg traten *Canthocamptus staphylinus* und *C. trispinosus* auch Ende April und Anfang Mai in Mengen auf, wie man ein solches massenhaftes Vorkommen eigentlich nur von den pelagisch lebenden Copepoden gewöhnt ist. Diese Unterschiede in den Befunden Wolfs und den meinen sind wohl vor allen Dingen in den geographischen Verhältnissen begründet. Dann kommen sicher aber auch Nahrungsbedingungen und der unverhältnismäßig kalte Sommer 1909 und ungewöhnlich warme Winter 1909/10 in Betracht.

Was die beiden letztgenannten Arten, *N. hibernica* und *C. gracilis*, anbelangt, so handelt es sich um ausgesprochene Schlammbewohner, die deshalb schwer in größerer Anzahl zu erhalten sind und überhaupt wohl niemals in solchen Massen, wie die beiden ersten Arten, vorkommen.

Die interessante Art der Copulation ist von Wolf für *Canthocamptus staphylinus* genau beschrieben worden. Ganz gleich verläuft sie auch bei *C. trispinosus*. Auch Wolfs Beobachtungen über die Dauer der Copulation stimmen mit meinen überein. Isolierte Paare blieben bei beiden Arten bis 7 Tage miteinander in Copula. Im Gegensatz zu Wolf fand ich häufig Weibchen mit zwei oder drei Spermatophoren. So sah ich öfters, daß dasselbe Männchen, das schon eine Spermatophore an einem Weibchen befestigt hatte, nach einiger Zeit mit diesem von neuem copulierte und tatsächlich auch eine zweite Samenpatrone an ihm befestigte.

Um den Zeitraum zwischen Begattung und Eiablage festzustellen, wurde ein junges Weibchen in Copula isoliert. Nach 3 Tagen trug es eine Spermatophore. Erst nach 19 Tagen zeigten sich die ersten kleinen Eier am Anfange des Oviducts und nach weiteren 8 Tagen wurde der Eisack abgesetzt. Zu wieviel Eisäcken eine Spermatophore genügt, konnte ich nicht feststellen, da mir alle Weibchen starben, dagegen konnte ich beobachten, daß bei älteren Weibchen von *C. staphylinus* und *C. trispinosus* der Zeitraum zwischen zwei Eiablagen 3 bis höchstens 6 Tage beträgt. Die Eiablage erfolgt in den frühen Morgenstunden, meist vor 7 Uhr. Doch treten auch Schwankungen ein, namentlich bei *C. trispinosus*, bei dem die Eier oft erst kurz vor Mittag abgelegt werden. Die Nauplien verlassen die Eihüllen nacheinander. Es dauert oft ein paar Tage, bis alle ausgeschlüpft sind. Die Nauplien bewegen sich äußerst unbeholfen auf Algenfäden und dergleichen. Da sie ziemlich lichtscheu sind, halten sie sich mit Vorliebe unter Blättern, in hohlen Halmen oder ähnlichen Dingen auf. Sie zeigen wie auch die jungen, noch nicht geschlechtsreifen Tiere, die daran sofort von den erwachsenen zu unterscheiden sind, eine rotbraune Färbung, die von großen Öltropfen im Innern des Körpers herrührt. Erwachsene Tiere sind von *C. staphylinus* grau-gelblich, von *C. trispinosus* mehr braun, mit einem Stich ins Grüne, von *Nitocra hibernica* und *Canthocamptus gracilis*, welche als Schlammbewohner im Dunkeln leben, weiß gefärbt. Nur bei *C. gracilis* ist das erste Körpersegment rosa bis rot, wie auch Wolf angibt, dessen Beschreibung von *C. gracilis* auch sonst für die beiden von mir gefundenen Exemplare zutreffend ist. Hinzufügen möchte ich, daß bei dieser Form die Eier einen perlschnurartigen Eisack von acht bis zehn Eiern bilden.

Da es bei der mikroskopischen Untersuchung von Wichtigkeit war, zu wissen, von welcher Art die betreffenden Bilder stammten, und da es nur dann möglich ist, diese aus den Schnitten zu bestimmen, wenn die Weibchen die specifisch sehr verschiedenen Spermatophoren trugen, mußte jedes einzelne Tier (es kamen mehrere Tausend zur Untersuchung)

vor dem Konservieren bestimmt werden. Es galt also, ein Bestimmungsmerkmal zu finden, das es ermöglichte, die Species schnell und dabei doch sicher zu erkennen. *Canthocamptus staphylinus* und *C. trispinosus* sind fast gleich groß und leben dazu am gleichen Ort durcheinander. *C. trispinosus* ist allerdings ein wenig kleiner und durch eine etwas dunklere Färbung ausgezeichnet. Da die Tiere aber mit allem möglichen Schmutz und Ectoparasiten behaftet sind, können diese Verschiedenheiten zum Bestimmen nicht verwendet werden. Als sicheres Unterscheidungsmerkmal dient das Furkaglied. Es ist bei *C. staphylinus* langgestreckt-rechteckig, während es bei *C. trispinosus* fast gleich lang und breit und an den Außenseiten halbkreisförmig gebogen ist. Außerdem trägt es bei *C. trispinosus* an der Oberseite einen äußerst charakteristischen hahnenspornartigen Dorn. Die Weibchen sind, falls sie eine Spermatophore tragen, durch diese sofort, in günstigen Fällen auch noch auf den Schnitten, zu unterscheiden. Sie ist bei *C. staphylinus* groß, breit, säbelförmig, während sie bei *C. trispinosus* viel kleiner ist und einer Flasche mit langem und sehr dünnem Hals gleicht[1]). Ebenso lassen erwachsene Männchen die Form der Spermatophoren in ihrem Innern erkennen. *Nitocra hibernica* und *Canthocamptus gracilis* kamen weniger in Betracht, da sie nur in sehr geringer Zahl vorhanden waren und schon durch ihre geringe Körpergröße und sehr unbeholfenen Schwimmbewegungen auffallen. Als Unterscheidungsmerkmal für *Canthocamptus* und *Nitocra* gibt VAN DOUWE in BRAUERS Süßwasserfauna an, daß bei *Nitocra* die erste Antenne vom zweiten Basalglied ab rechtwinklig abgebogen und der Entopodit des vierten Beinpaars dreigliedrig ist, während er bei *Canthocamptus* zweigliedrig ist. Während ich das erste Merkmal nie finden konnte, scheint mir der Unterschied in der Zahl der Entopoditglieder des vierten Beinpaars tatsächlich zum Bestimmen geeignet zu sein. SCHMEIL setzt zwar in längerer Ausführung auseinander, weshalb man die Gattung *Nitocra* von *Canthocamptus* trennen muß, doch kann man sich beim Betrachten der beiden Hauptvertreter und ihrer großen Ähnlichkeit des Eindrucks nicht erwehren, daß *Nitocra* zu *Canthocamptus* zu stellen ist, wie es denn auch die ersten Beobachter getan haben.

Zum Schluß sei noch eine Beobachtung mitgeteilt. Ich wollte einmal versuchen, ob nicht *C. staphylinus* und *C. trispinosus* miteinander copulierten, obwohl eine tatsächliche Befruchtung allerdings von vornherein in Hinblick auf die Verschiedenheit der Spermatophoren und der Größe der Ansatzstellen ausgeschlossen schien. Ich hatte zu zwei Männchen von

[1]) Vgl. die Abbildungen bei SCHMEIL, Taf. III, Fig. 18 u. 11.

C. staphylinus drei junge Weibchen von *C. trispinosus* gesetzt. Trotz genauer Beobachtung habe ich nie eine Copula bemerkt, bis zum 21. Tage: dann copulierten die Männchen miteinander. Eines hatte das andre in typischer Copulationsstellung umklammert. Sie ließen beide in ihrem Innern die reifen Spermatophoren erkennen. Der Fortpflanzungstrieb ist wohl so stark gewesen, anderseits die Artverschiedenheit so groß und trotz des Triebes so unüberwindlich, daß dieses etwas unnatürliche Resultat zustande kam. Nach tagelanger Copulation starben die Männchen, während die Weibchen noch lange lebten, ohne daß es aber zu einer Eibildung gekommen wäre, wahrscheinlich aus Mangel an Copulation, die normalerweise wohl den Anstoß gibt. Anderseits hatte ich bei der Vereinigung von *C. staphylinus*-Weibchen und *C. trispinosus*-Männchen gar keinen Erfolg. Die Tiere starben nach 3 Wochen.

C. Material und Technik.

Da die Harpacticiden sehr versteckt leben und meistens nicht in so großen Mengen wie die pelagischen Copepoden vorkommen, ist es schwer zu entscheiden, ob an einer Örtlichkeit welche vorhanden sind oder nicht. Ich habe in diesen Fällen mit einem einfachen Leinennetz die untergetauchten Pflanzen und den Bodenschlamm abgestreift und den Inhalt in ein Glas getan. Infolge ihrer Zählebigkeit halten die Harpacticiden selbst stundenlangen Transport aus, auch wenn durch die Erwärmung des Wassers durch die Sonnenstrahlen alle andern Tiere schon gestorben sind. Sie sind dazu wahrscheinlich durch ihren außerordentlich dicken Chitinpanzer befähigt. Zu Hause werden die größeren Holzteile und Pflanzen Stück für Stück in einem Gefäß mit Wasser abgespült. Mit besonderer Vorliebe sitzen die Harpacticiden auch in den Gehäusen der Phryganiden. Der Schlamm wird mit dem Wasser auf einen Porzellanteller ausgeschüttet. Nach 24 Stunden kommen dann gewöhnlich die Harpacticiden zum Vorschein und sammeln sich am Tellerrand, wo sie mit einer Pipette abgelesen werden können. Um mir das häufige Fangen zu ersparen, und um nicht im Winter durch starken Frost des Materials beraubt zu werden, hatte ich mir ein Zuchtglas, das möglichst frei von andern Lebewesen war, angesetzt. Den Boden bedeckte rein gewaschener Flußsand, in dem einige Vallisneria wuchsen. In dieses Gefäß kamen dann die Harpacticiden in großen Mengen. Als Nahrung gab ich ihnen halb verfaulte Wasserpflanzen, wie Elodea und Lemna, die ich vorher im Ofen getrocknet hatte. Das Glas stand den ganzen Winter im Fenster meines Arbeitszimmers und bewährte sich sehr gut. Die Tiere copulierten

in Menge, so daß fast immer alle Entwicklungsstadien vom Nauplius bis zum geschlechtsreifen Tier vorhanden waren. Es mußten also günstige Lebensverhältnisse für sie geschaffen worden sein. — Um die Tiere einzeln zu beobachten, kamen sie in hohlgeschliffene Glasklötze mit ein paar Wasserlinsen und Algenfäden, nebst etwas pflanzlichem Detritus. In diesen zugedeckten »Beobachtungsgläschen« hielten sich die Tiere monatelang wie unter Normalbedingungen.

Zum Konservieren sind die mannigfachsten Mittel verwendet worden: Sublimat-Alkohol nach Haecker, drei verschiedene v. Rathsche Gemische, mit und ohne Platinchlorid, Hermann, Flemming, Zenker, 10%iges Formol, Pikrinessigsäure-Formol, Zenker-Formol und Zenker-Formol-Osmiumsäure. Während alle Flüssigkeiten außer 10%igem Formol für die Oviducteier, d. h. diakinetische Stadien und abgelegte Eier, gute Resultate ergaben, versagten sie fast alle für die Ovarialeier. Das hat seinen Grund darin, daß das Ovarium auf der einen Seite durch die Dottermassen des Oviducts und auf der andern durch die außerordentlich dicke Chitincuticula geschützt ist. Bei allen Konservierungen traten deshalb starke Schrumpfungserscheinungen auf, vor allem Synapsisähnliche Kontraktionen auch außerhalb des eigentlichen Synapsisstadiums. Erst bei Anwendung von Zenker-Formol (auf 100 Teile Zenker 10 ccm käufliches (40%iges) Formalin) wurden zufriedenstellende Bilder erreicht. Die Tiere wurden durch Xylol in Paraffin eingebettet. Um auch in den Färbungen möglichst sicher zu gehen, ist eine ganze Reihe versucht worden. Für die Ovarialeier erwiesen sich Hämatoxylin nach Delafield, für die Oviducteier (Diakinese und biseriale Anordnung) und abgelegte Eier das von Matscheck angewandte Bismarckbraun-Hämatoxylin als am geeignetsten. Heidenhains Eisenhämatoxylin färbt Chromatin, Plasma und Dotter in gleicher Weise, so daß oft eine scharfe Trennung nicht möglich ist, und wurde nur gelegentlich verwendet.

D. Spezieller Teil.

I. Vorbemerkung.

Die freilebenden Süßwasser-Copepoden haben in der cytologischen Forschung eine große Rolle gespielt. An die bei ihnen gemachten Befunde haben sich eine Reihe der wichtigsten Theorien der Chromosomenfrage geknüpft. Inwieweit bei diesen Untersuchungen die Harpacticiden berücksichtigt worden sind, ist in der Einleitung zusammengestellt. Leider erwiesen sie sich bei der von mir unternommenen Nachuntersuchung als wenig geeignet, in der heute schärfer zugespitzten Fragestellung, die durch

die fast ungeheure Zahl von Beobachtungen begründet ist, eine befriedigende und wohl begründete Antwort zu geben. Zwar ergab die Betrachtung der Bilder eine Reihe interessanter Einzelheiten, aber sie versagten doch in wichtigen Punkten, vor allem in der Beantwortung der Frage nach der Konjugation der Chromosomen während des Synapsisstadiums: ob »end-to-end« oder parallel. Das hat seinen Grund in zweierlei Tatsachen: einmal erfolgt die Entwicklung der Eier bei den Harpacticiden schubweise, d. h. man findet z. B. im Oviduct und ebenso im Ovarium immer nur ein und dasselbe Stadium, so daß eine genaue Aneinanderreihung der Bilder oft sehr schwer ist, und dann sind die Zellen des Ovariums außerordentlich klein und enthalten dabei eine verhältnismäßig große Zahl von Chromosomen: 24 und 22 für *Canthocamptus staphylinus* und *C. trispinosus*. Da meine Befunde im wesentlichen mit denen Haeckers und Matschecks übereinstimmen, werde ich in der Beschreibung hauptsächlich die Abweichungen und Besonderheiten hervorheben.

II. Untersuchungen an Jugendformen.

Im Anschluß an die Untersuchungen von O. Krimmel über die Chromosomenverhältnisse bei Nauplien von *Diaptomus coeruleus* sollten auch die der Harpacticiden herangezogen werden. Nun ist es aber sehr schwer, diese in größerer Zahl zu erhalten. Man muß zu diesem Zweck Weibchen mit Eisäcken isolieren, und nach erfolgtem Ausschlüpfen die Nauplien mittels Lupe und sehr feiner Pipette aus dem Detritus und von den Pflanzen suchen, was außerordentlich mühsam ist. Deshalb konnten nur wenige geschnitten werden. Außerdem zeigten sie die oben erwähnten ungünstigen Zellverhältnisse in erhöhtem Maße. Nur ein Punkt verdient vielleicht erwähnt zu werden. Gross bildet in seiner Arbeit über *Pyrrhocoris apterus* eine Synapsis ab, die aus kugeligen Chromatinklumpen besteht. Ähnliche Bilder erhielt ich bei den Copepodidstadien von *Canthocamptus* in jungen Genitalanlagen. Wurden aber die mit Hämatoxylin gefärbten Schnitte sehr stark differenziert, so zeigte sich, daß die Kugeln in Wirklichkeit kleine enge Schleifen waren. In gleicher Weise würden sich vielleicht auch die Grossschen Bilder, bei genügender Differenzierung der Heidenhain-Färbung, auflösen.

III. Untersuchungen an geschlechtsreifen Tieren.

Der zweizipflige Bau des Ovariums ist von Haecker und Matscheck genau beschrieben worden und geht auch zur Genüge aus Fig. 1 hervor. Betreffs einer Einteilung der Oogenese in verschiedene Perioden, möchte

ich mich an die Einteilung von Matscheck halten, und demgemäß eine Vermehrungsperiode (oogoniale Teilungen) und eine Reifungsperiode (die Zeit nach der letzten oogonialen Teilung bis zum Abschluß der zweiten Reifungsteilung) unterscheiden.

a) Vermehrungsperiode.

Betreffs des Keimpolsters bin ich zu denselben Resultaten wie Matscheck gelangt. Es dient nur bei jüngeren Tieren als Vermehrungsherd. Bei älteren Tieren fehlt es ganz. Die beiden freien Enden des Ovariums sind bei ersteren von Kernen, die ein typisches Ruhestadium zeigen, eingenommen (Fig. 1 *ur*). Haecker hatte sie als »vorletzte Generation der Ureikerne« bezeichnet (1892). Auf diese ziemlich breite Zone folgt die eigentliche oogoniale Vermehrungszone, und zwar glaube ich annehmen zu dürfen, daß die Vermehrung abwechselnd in den beiden Zipfeln des Ovariums vor sich geht. Fig. 1 diene zur Begründung dieser Annahme. In dem einen (unteren) Zipfel sind nur oogoniale Diakinesen (*od*) vorhanden, während der andre mit präsynaptischen Kernen (*pr*) angefüllt ist. Diese führen direkt zu den Synapsisbildern (*s*). In Fig. 2 ist eine oogoniale Mitose (*m*) abgebildet. Trotz äußerst starker Differenzierung stellt sich der Querschnitt immer noch als vollkommen kompakte Masse dar. Ähnlich ist es bei der Polansicht, so daß eine Zählung der Chromosomen nicht möglich ist.

b) Reifungsperiode.

1. Synapsis.

»Das Stadium, in dem die Kernsubstanz eine mehr oder weniger starke einseitige Kontraktion aufweist, wird seit Moore (1895) als Synapsis bezeichnet« (Haecker 1907). Eine erste Abbildung und Beschreibung der Synapsis, allerdings ohne in ihrem Wesen erkannt zu werden, findet sich schon 1892 bei Haecker: »Die heterotypische Kernteilung im Cyclus der generativen Zellen«: »Es geht aus der hier wiedergegebenen Skizze (1892 *b*, Taf. XII, Fig. 2) hervor, daß sich die Fadenzüge mehr und mehr senkrecht zu einer und derselben Durchmesserebene des Kernes, dem späteren Spindeläquator, anordnen, wobei häufig einzelne Fadenabschnitte in weitem Bogen in den freien Kernraum ausspringen, während der Rest in schwer entwirrbarem Gefüge zu einem ‚äquatorialen Kranz' zusammenfließt« . . . . Haecker beobachtete auch, daß fast mit Regelmäßigkeit ein blindes Fadenende den kleinen, bläschenförmigen Nucleolus mit dem excentrisch im Kernraum gelagerten Fadenknäuel verbindet. Wie aus der Darstellung Haeckers hervorgeht, deutete

er diese Bilder irrtümlicherweise als Doppelaster, ebenso seine entsprechenden Befunde bei *Canthocamptus* (1892 *a*, Fig. 1 *d* u. 1895, Fig. 1). Da er hier auch längsgespaltene Elemente fand, wurde er zu der Annahme geführt, daß die in den Prophasen der Reifung auftretende Längsspaltung der Fäden in den Endstadien der letzten Oogonienteilung ihren Ursprung hat. Zu einer gleichen Deutung wurde auch Rückert bei seinen Untersuchungen des Selachiereies veranlaßt. Eine Richtigstellung dieser Befunde bei *Canthocamptus* führte Waldeyer (1902) herbei, indem er diese Doppelaster als Synapsis identifizierte, wie auch Matscheck in seiner Arbeit angibt.

Diese Synapsiszone hat in den letzten Jahren das allergrößte Interesse in Anspruch genommen, im Hinblick auf die Frage, ob hier eine Konjugation der Chromosomen, speziell ob eine end-to-end- oder eine Parallel - Konjugation (Metasyndesis oder Parasyndesis) vorkommt. Leider versagten die Harpacticiden in diesem Punkt, wie schon oben erwähnt. Es fanden sich auf den wenigen guten Bildern sehr selten präsynaptische Stadien (Fig. 1 *pr*). Diese führen wahrscheinlich sehr schnell zur eigentlichen Synapsis. Was sich aus den präsynaptischen Bildern sagen läßt, ist folgendes: Allem Anschein nach kommt es erst zur Bildung von »Prochromosomen«, wenigstens scheinen einige Bilder dafür zu sprechen. Diese gehen dann in ein typisches Präsynapsisstadium über. Man findet in diesem Stadium schon eine geringe einseitige Kontraktion des Chromatins (Fig. 2 *pr*). Die Kernsubstanz bildet einen nicht zu entwirrenden Knäuel, der aus einem zusammenhängenden Faden zu bestehen scheint. Die freien Enden, die man vereinzelt erkennen kann, sind wohl dadurch zustande gekommen, daß das Messer den Faden an einzelnen Stellen zerschnitten hat. In der chromatinfreien Kugelkalotte liegt ein kleiner blasser Nucleolus, zu dem vielfach ein freies Fadenende führt (vgl. die früheren Bilder von Haecker). Sehr viel häufiger als die präsynaptischen Stadien ist die eigentliche Synapsis (Fig. 1 *s* und Fig. 2 *s*). Die Mehrzahl der Forscher neigt zu der Ansicht, daß die Synapsis, d. h. die einseitige Kontraktion der Fäden, ein Kunstprodukt ist. Dazu möchte ich folgendes bemerken. Selbst bei ganz tadellos konservierten Stücken findet man immer ein paar Zellen in diesem Zustande. Es ist ja möglich, daß zu der Zeit des wahrscheinlichen Stoffaustausches oder der Konjugation der Chromosomen, diese besonders empfindlich sind, oder geradezu die Tendenz haben, beim plötzlichen Abtöten in diese Anordnung überzugehen. Aber ich habe nie eine bestimmte Richtung der Knäuel, die mit Sicherheit auf ein Kunstprodukt schließen ließe, gefunden, höchstens würde dafür sprechen, daß eine gewisse ein-

seitige Kontraktion, wie oben geschildert, schon auf präsynaptischen Stadien auftritt (Fig. 2 *pr*). Mit Haecker (1907) bin ich also der Ansicht, daß allerdings das »synaptische Magma«, d. h. einheitliche dicke Klumpen, wie sie z. B. Lérat (1905) abbildet, ein Kunstprodukt ist. Für das aus einzelnen Bogen und Fäden gebildete Synapsisknäuel möchte ich aber aus den angeführten Gründen die Möglichkeit eines wenigstens teilweise natürlichen Zustandes nicht von der Hand weisen[1]).

Was nun die Synapsisbilder von *Canthocamptus staphylinus* anbetrifft, so lassen diese gleichfalls deutlich einzelne Bogen und Fäden erkennen. Besonders ist es fast regelmäßig ein hakenförmiges Chromosom, das weit in den Kernraum hineinragt und oft mit dem meist außerhalb des Knäuels liegenden Nucleolus verbunden erscheint (Fig. 2 *s*). Eine Zählung der Bogen oder Schleifen ist ausgeschlossen. Erst auf dem darauffolgenden »Bukettstadium« kann man ungefähr zwölf erkennen (Fig. 1 *b*). An ihnen und andern, durchgeschnittenen Fäden sieht man einen deutlichen Längsspalt (Fig. 2 *ps*). Der Nucleolus liegt dabei inmitten der Korbfigur. Das »Bukettstadium« führt dann direkt zur frühen Diakinese, indem sich die Bogen aus ihrer einseitigen Lage freimachen und sich um den Nucleolus, parallel der Kernmembran, legen.

Schon während der präsynaptischen Stadien beginnen die Kerne an Volumen zuzunehmen. Zugleich differenzieren sich in ihrem Umkreis deutliche Zellterritorien, deren Plasma an Masse rasch zunimmt und durch feinste Körnchen dunkel gefärbt ist. Bezüglich der Entstehung dieser Körnchen verweise ich auf die Arbeit Matschecks. Kurz bevor die Eizellen aus dem Ovar in den Oviduct treten, zeigen sich im Plasma »Dotterkerne«, über deren Herkunft und Schicksal ich nichts angeben kann. Vielleicht bewirken sie das nunmehr einsetzende starke Wachstum der Eier und die reichliche Dotterabscheidung. Matscheck schreibt es nach Angaben von Haecker (1895), Lérat (1905) u. a. der Nähe des Darmes zu.

2. Diakinese und biseriale Anordnung.

Canthocamptus staphylinus.

Haecker hatte 1895 einen doppelten Entwicklungsmodus bezüglich der Umwandlung der Diakinese zur biserialen Anordnung beschrieben. Mir ist es trotz genauester Nachforschung nicht gelungen beide festzu-

[1]) Auch die Bilder von O. Krimmel, welche synapsisähnliche Bilder in den Darmzellen der Nauplien von *Diaptomus coeruleus* gefunden hat, lassen sich nach meiner Ansicht weder zugunsten der einen, noch der andern Auffassung heranziehen.

stellen. Ich fand fast ausschließlich den ersten Entwicklungsmodus Haeckers. Es soll daher dieser zuerst im Zusammenhang dargestellt und dann am Schluß auf den zweiten Modus eingegangen werden.

Die frühesten Stadien der Diakinese findet man in Eiern, die eben in den Oviduct getreten sind (Fig. 3 *a* und 3 *b*). Hier treten auch die ersten Dotterschollen als helle glänzende Kugeln auf. Sie sind durch ein stark gefärbtes Plasma voneinander getrennt. Dieses und das geringe färberische Verhalten der an der Kernwand angeschmiegten Chromosomen erschweren die Beobachtung der letzteren sehr. Es sind lange, gespaltene Fadenstücke, die die Kernmembran in unregelmäßiger Anordnung begleiten. Inmitten des Kernraums liegt ein ziemlich großer Nucleolus. Die einzelnen Chromosomenfäden zeigen deutlich Körnchen, »Chromiolen«, die jedoch eine paarweise Zusammengehörigkeit nicht erkennen lassen. Oft sind auch die beiden Spalthälften strepsinemaartig umeinander gewunden. Eine Angabe über die Zahl der Chromatinelemente ist auf diesem Stadium nicht möglich, da diese langen Fäden immer zum größten Teil zerschnitten sind.

Die Eier wachsen jetzt sehr schnell heran und füllen schließlich den ganzen Oviduct aus. Die Dotterschollen haben sich gleichfalls stark vermehrt. Sie sind nicht mehr so hell glänzend, sondern opak und lassen zwischen sich nur geringe Spuren von Plasma erkennen. Die Chromosomen selbst, die deutlich »Doppelstäbchen«charakter tragen, sind kürzer geworden. Die Chromiolen sind weniger zahlreich, aber größer. Jetzt ist auch manchmal eine Zählung möglich: es sind zwölf Doppelelemente (Fig. 10 *a* bis 10 *c*). Zwischen den einzelnen Paarlingen ist ein deutlicher Größenunterschied vorhanden. Doch ist irgendeine Regelmäßigkeit nicht zu erkennen. Außer diesen Größenverschiedenheiten zeigen die Chromosomen einen verschiedenen Grad der Konzentration. Während einige Paare noch deutlich Chromiolen aufweisen, sind andre schon vollkommen kompakt, lassen höchstens eine Querkerbe in der Mitte erkennen (Fig. 8). Dabei sind die weniger konzentrierten nicht immer die längsten Elemente, sondern häufig auch umgekehrt. Eine ähnliche Entwicklungsverschiedenheit findet man auch zwischen den Chromosomen der verschiedenen Kerne eines Oviducts. Während die Chromosomen eines Kernes schon ziemlich konzentriert sind (Fig. 7), können sie im Kerne des benachbarten Eies, auch wenn dieses näher an der Geschlechtsöffnung liegt, noch deutlich Chromiolen aufweisen (Fig. 6). — Oft trifft man Kerne, in denen neben typischen Doppelstäbchen ein oder zwei, seltener auch drei längsgespaltene Chromosomen sich finden, bei welchen der Längsspalt kaum wahrnehmbar ist

und die Enden der beiden Schwesterfäden miteinander verklebt sind (z. B. Fig. 9, bei *x*). Wenigstens in einzelnen Fällen war das ausgeschlossen, daß es sich um eine Kanten- oder Schrägansicht eines Doppelstäbchens handelt. Solche Chromosomen kommen dann in sämtlichen Kernen des betreffenden Oviducts vor. Ihre Größe ist sehr wechselnd, bald größer, bald kleiner, oder auch gleich lang wie die der übrigen, immer sind sie aber dicker. Meist erkennt man, wie gesagt, einen feinen Längsspalt, der an den verdickten Enden unsichtbar wird. Wie diese »Sonderchromosomen« zustande kommen und was aus ihnen wird, habe ich nicht feststellen können. In der späten Diakinese ist von ihnen nichts zu bemerken. Vielleicht ist die Längsspaltung in die beiden Einzelstäbe bei ihnen verspätet. Im allgemeinen sind die Doppelstäbchen ziemlich regelmäßig im Kernraum verteilt. Es kommt aber auch vor, daß mehrere in engere Verbindung treten, miteinander »agglutinieren« oder verkleben. So entstehen z. B. der dreiarmige Stern in Fig. 4 und die Ringbildung in Fig. 5.

Im weiteren Verlauf der Diakinese wird auch der sekundäre Längsspalt der Einzelstäbchen sichtbar, vor allem auf Querschnitten, welche dann zwei tetradenförmig angeordnete Doppelpünktchen zeigen (Fig. 11 bei *t*). Manchmal ist auch eine Querkerbe zu erkennen, wie speziell auf verschiedenen Figuren Haeckers (1895, Taf. XV, Fig. 14) zu sehen ist. Die Chromosomen verlieren gleichzeitig die Chromiolen und rücken während dieser Konzentration des Chromatins mehr und mehr in die Mitte des Kernraums zusammen (Fig. 9), worauf ein schon von Haecker (1892, Fig. 6—11) beobachtetes Übergangsstadium, das man vielleicht als Doppelplattenstadium bezeichnen kann, folgt (vgl. Fig. 12—15). In diesem Stadium sieht man neben dem noch wohlerhaltenen Nucleolus zwei unregelmäßig begrenzte Platten, welche aus einer dunklen Grundsubstanz und den in diese eingebetteten Chromosomen bestehen. Die späteren Phasen bei *Canthocamptus* und vor allem ein Vergleich mit den Verhältnissen bei andern Copepoden führen zu der Auffassung, daß von jedem Doppelstäbchen je ein Einzelstäbchen in der einen, das andere in der andern Platte gelegen ist. Die Einstellung muß also in der Weise erfolgen, daß die Doppelstäbchen sich mit ihren breiten Flächen parallel zueinander stellen. Die Einstellung muß außerordentlich rasch erfolgen, denn der Vorgang ist mir nie zu Gesicht gekommen. Ich fand die Chromosomen immer schon in der beschriebenen Anordnung neben dem Nucleolus liegen. Dabei findet man in einiger Entfernung davon mitunter ein, seltener mehrere verspätete Chromosomen liegen (Fig. 13). Da diese Nachzügler sich auf Querschnitten, infolge des sekundären Längsspalts, als Doppelpünktchen darstellen, hatte Haecker 1892 ge-

meint, es sei vielleicht das Centrosom. Er hatte diese Bilder als »Doppelplatten« beschrieben. Auch mir ist eine völlige Auflösung der Platten in die einzelnen Chromosomen nicht gelungen. Es bleibt immer eine dunkle Grundsubstanz vorhanden, so daß eine scharfe Abgrenzung der Chromosomen unmöglich ist. Die Ursache dieser Dunkelfärbung ist mir unbekannt geblieben. Jedenfalls ist der Nucleolus zumeist noch vollkommen unversehrt, so daß es sich nicht um Nucleolarsubstanz handeln kann.

Während nun der Nucleolus sich aufzulösen beginnt (Fig. 14 *a*—15) und gleichzeitig die Kernmembran verschwindet, tritt die Struktur der Doppelplatte deutlicher hervor, und man kann mit der von Matscheck vorgeschlagenen Bismarckbraun-Hämatoxylinfärbung je zwölf Chromosomen erkennen, welche in der von andern Copepoden her bekannten biserialen Anordnung aufgestellt sind. Der ganze Umwandlungsprozeß, der von der späten Diakinese zur biserialen Anordnung führt, geht, wie gesagt, ziemlich schnell vor sich, und zwar in den späten Nachmittagsstunden, oft schon gegen 5 Uhr. Die Eiablage findet dagegen erst in den frühen Morgenstunden des nächsten Tages statt, bis spätestens 9 Uhr. Die »Bereitschaftsstellung« dauert demnach ungewöhnlich lange.

Die biseriale Anordnung, welche eine eigentümliche Mischform zwischen den sonst bekannten Äquatorialplatten und Metakinese darstellt, ist zwar schon von Matscheck genau beschrieben worden, ich muß aber genauer auf sie eingehen, da meine Befunde von seinen in etwas abweichen. Matscheck bildet in Fig. 47 *a* innerhalb jeder Einzelplatte zwölf langgestreckte, deutlich längsgespaltene und quergekerbte Chromosomen ab. Im Gegensatz hierzu habe ich zwölf kurze, etwas gekrümmte, quergekerbte Chromosomen gefunden, welche in diesem Stadium meist keinen sekundären Längsspalt erkennen lassen (Fig. 16). Herr Matscheck hatte die Liebenswürdigkeit, mir die betreffenden Präparate zu schicken und ich konnte auf diese Weise feststellen, daß die von mir gefundenen Chromosomen tatsächlich nur etwa $^2/_3$ der Größe der von Matscheck beschriebenen betragen.

Die Chromosomen hatten, wie gesagt, auf meinen Präparaten meist ein vollkommen kompaktes Aussehen. Nur die Querkerbe war immer deutlich zu erkennen (Fig. 16). Oft war sie so stark ausgeprägt, daß man den Eindruck von zwei durchaus getrennten Chromatinportionen hatte (Fig. 18 *a* und 18 *b*). In einzelnen Fällen konnte auch der sekundäre Längsspalt beobachtet werden (Fig. 17 *a* und *b*), in ähnlicher Weise, wie ihn Matscheck dargestellt hat. Irgendwelche Größenunterschiede der Chromosomen der biserialen Anordnung habe ich nicht konstatieren

können, demnach sind die Größenverschiedenheiten der diakinetischen Chromosomen wohl auf heterochrone Entwicklung zurückzuführen. Auf diesen Punkt werde ich bei der Beschreibung der biserialen Anordnung bei *Canthocamptus trispinosus* noch einmal zurückkommen. Des öfteren ließ sich eine Verteilung der Chromosomen in zwei gleiche Hälften erkennen. Vielleicht handelt es sich dabei um einen gonomeren Zustand (Fig. 16).

Die Bildung der Richtungskörper ist zuerst von Haecker und dann genauer von Matscheck beschrieben worden. Ich habe niemals Bilder gefunden, die dafür sprächen, daß in der zweiten Richtungskörperbildung die Querkerbe in Kraft trete. Vielmehr stimmen sie genau mit denen Matschecks, die ich auch habe nachprüfen können, überein, und ich deute die zweite Reifeteilung in Übereinstimmung mit ihm als Äquationsteilung.

Was nun den zweiten Entwicklungsmodus Haeckers anbetrifft, welcher noch in einem verhältnismäßig späten Stadium lange, in Form eines Knäuels oder Ringes angeordnete Chromosomen zeigt, so habe ich unter vielen hundert Tieren nur ein einziges Mal ein Weibchen gefunden, dessen Oviducteier Bilder lieferten, die den Haeckerschen Fig. 18—22 (1895) entsprachen. Daß es sich um eine ziemlich späte Diakinese handelt, geht aus dem prall gefüllten Oviduct, den großen Keimbläschen und Nucleolen, sowie der homogenen (nicht körnigen) Beschaffenheit der Chromosomen hervor. Diese liegen dabei alle an einer Seite und bilden annähernd eine Ringfigur. Einige befinden sich innerhalb dieses Ringes (Fig. 19 u. 20). Sehr interessant ist, daß in einzelnen Kernen eine Kreuzfigur sich vorfand, wie sie Gross für sämtliche Chromosomen bei *Syromastes* beschreibt. Wie diese, immer nur in Einzahl vorkommende Bildung zustande gekommen ist und was aus ihr wird, und ob sie den Kreuzen bei *Syromastes* entspricht, habe ich mit voller Sicherheit nicht feststellen können, indessen weist der in Fig. 21 abgebildete Kern auf den Entstehungsmodus mit großer Wahrscheinlichkeit hin. Außer der Kreuzfigur sind nämlich ferner zehn Doppelstäbchen vorhanden, und es wird also die Kreuzfigur offenbar von zwei ungewöhnlich großen Doppelchromosomen gebildet, welche hintereinander gelagert sind und deren gegeneinander gerichtete Enden armförmig ausgezogen sind. Man sieht also, daß bei diesem Modus die bei vielen andern Objekten hervortretende Tendenz zur diakinetischen Ring- und Kreuzbildung in einer besonders interessanten Form zum Durchbruch kommt.

Haecker gibt an, daß ihm dieser zweite Modus bei seinen im Spätherbst in Freiburg i. B. vorgenommenen Untersuchungen am häufigsten

begegnet sei, während ich, wie schon erwähnt, nur ein einziges Mal auf solche Figuren gestoßen bin. Vielleicht sind diese Bilder mit dem von Matscheck beschriebenen Modus der biserialen Anordnung, welcher ebenfalls durch lange Chromosomen ausgezeichnet ist und der offenbar in Württemberg wesentlich häufiger ist, als hier in Halle, in Zusammenhang zu bringen und darauf zurückzuführen, daß durch irgendwelche Lebensbedingungen: Witterung, Nahrung und dgl., Lokalvarietäten geschaffen wurden, die sich zwar nicht in grob morphologischen Dingen unterscheiden, wohl aber in dem Verhalten der empfindlicheren Zellsubstanzen. Auch Braun (1909) beschreibt ja für *Cyclops strenuus* zwei Entwicklungsmodi: bei der tümpelbewohnenden Sommerform sind elf biskuitförmige, deutlich quergekerbte Chromosomen in der biserialen Anordnung vorhanden, bei der Winterform dagegen sind es elf sehr schlanke, U-förmig gebogene Stäbchen. Diese verkürzen sich während der Reifungsteilung, so daß »bis zur Metakinese der zweiten Reifungsteilung normale Tetraden entstehen, die mit derjenigen des tümpelbewohnenden *C. strenuus* vollkommen übereinstimmen.« Eine Unterscheidung beider Formen ist dann nicht mehr möglich. Mit den hier von Braun beschriebenen Verhältnissen zeigen die beiden Entwicklungmodi von *Canthocamptus* eine um so größere Ähnlichkeit, als nach Matscheck auch bei dem langchromatigen Typus die Chromosomen während der zweiten Reifungsteilung eine gedrungene Form annehmen. Ähnlich wie bei *Cyclops strenuus* haben wir es also auch bei *Canthocamptus* wohl mit zwei Rassen zu tun, die sich nur in einem etwas verschiedenen Verhalten und durch eine verschiedene Form der Chromosomen unterscheiden. Von diesen beiden Formen scheint die eine mehr dem Süden anzugehören, während die andre im Norden vorherrscht.

Canthocamptus trispinosus.

Canthocamptus trispinosus ist zunächst durch seine Chromosomenzahl (elf Doppelstäbchen) von *C. staphylinus* unterschieden, außerdem zeigt er die Größenunterschiede der Chromosomen während der Diakinese besonders ausgeprägt. Es ist hier sogar eine gewisse Gesetzmäßigkeit vorhanden. Vor allem sind immer unter den elf Chromosomen zwei sehr große (Fig. 22 *c*, *gr*) und ein bedeutend kleineres Doppelstäbchen (Fig. 22 *b*, *i*) zu erkennen. Die andern nehmen eine mehr vermittelnde Stellung zwischen diesen beiden Extremen ein (Fig. 22 a—c). Sehr interessant ist das Verhalten der Chromosomen während der biserialen Anordnung. Auf Querschnitten sind die gewöhnlichen zwei »Platten« zu sehen (Fig. 23), dagegen weicht das Bild bei Polansicht wesentlich von

den Bildern bei *C. staphylinus* ab. Die Äquatorialplatte macht hier auf den ersten Anblick den Eindruck einer Synapsis, indem die einzelnen Chromosomen zu einem dichten Haufen zusammengeballt erscheinen (Fig. 24). Erst bei genauerem Betrachten kommt man dazu, die Einzelelemente wenigstens an der Peripherie zu erkennen. Die Chromosomen sind alle stark gekrümmt und mit den Enden subterminal verklebt, wie Textfig. A zeigt.

Ein solches Verhalten der chromatischen Substanz während der biserialen Anordnung ist meines Wissens noch bei keinem Objekt beschrieben. Daß es kein Kunstprodukt ist, geht daraus hervor, daß ich nie andre Bilder zu Gesicht bekommen habe, selbst bei den verschiedensten Konservierungsflüssigkeiten. Ich habe eine sehr große Zahl von Individuen und von verschiedenen Fundorten daraufhin untersucht, aber stets immer dasselbe Resultat gefunden. In frisch abgelegten Eiern ist das Aussehen der Doppelplatten das gleiche, nur daß die Einzelplatten weiter auseinandergerückt sind. Erst in den Anaphasen sind die einzelnen Chromosomen deutlich zu erkennen (Fig. 25 u. 26). Man zählt deren in jeder Platte elf längsgespaltene und quergekerbte. Auch sie zeigen noch die auffallenden Größenunterschiede der diakinetischen Stadien: zwei große, ein sehr kleines und die übrigen vermittelnd (Fig. 25). Die ersten Angaben über solche »graded series« hat Montgomery (1901) gemacht. Sie sind bei andern Objekten von einer Reihe von Autoren bestätigt worden, besonders von Wilson. Andre Forscher führen diese Größenunterschiede nicht auf wirkliche Quantitätsunterschiede der Chromosomen, sondern auf ein ungleich rasches Wachstum, also auf eine heterochrone Entwicklung derselben zurück, so z. B. Helen King und Grégory (vgl. auch Haecker, 1907). Auch Vejdovsky (1907) spricht sich wie folgt aus: »Wenn wir in den Anaphasen der ersten Reifung die Dyaden aus gleich großen und gleich gestalteten Chromosomen bestehend wiederfinden, so sind die erwähnten Unterschiede der Dyaden in den Metaphasen auf ungleich rasch vor sich gehende Entwicklung der Chromosomen in den Prophasen zurückzuführen.« Für eine solche Erklärung sprechen sicher die Befunde bei *Canthocamptus staphylinus*. Anders ist es aber wohl hier bei *C. trispinosus*, denn selbst in den Anaphasen sind die Größenunterschiede noch genau so stark ausgeprägt wie in der Diakinese. Vielleicht kann man diese Größenverschiedenheiten, im Zusammenhang mit

Textfig. A.

der Zahl 11, mit Haecker auf einen »allmählichen Abbau und eine schließliche Elimination einzelner Chromosomen im Laufe der Phylogenie« zurückführen, so daß in diesem Falle wirkliche Größenverschiedenheiten, die eben durch diesen Abbau hervorgerufen werden, vorhanden sind. Die Zahl 11 zeigen noch zwei andre Copepoden *Cyclops strenuus* und *C. insignis*. Bei dem letzteren ist gleichfalls auf den Metaphasen ein Größenunterschied der Chromosomen zu bemerken (Braun).

Nitocra hibernica.

Nitocra hibernica ist wegen seiner relativen Seltenheit, seiner geringen Körpergröße und wegen der außerordentlichen Kleinheit der Zellen wenig für cytologische Untersuchungen geeignet. Die diakinetischen Stadien zeigen dieselben Bilder wie die bei den andern Arten. Nur scheint es ähnlich wie z. B. bei *Cyclops viridis* (Matschek), zur Bildung eines eigentlichen Keimbläschenstadiums zu kommen, in welchem infolge einer geringeren Färbbarkeit der chromatischen Substanz die Chromosomen vorübergehend undeutlich werden. Trotz ihrer Kleinheit ist die biseriale Anordnung äußerst klar und deutlich. Sie zeigt acht fast kugelförmige, deutlich sekundär längsgespaltene Chromosomen (Fig. 27, Seitenansicht; Fig. 28, Polansicht einer Platte). Eine Querkerbe ist nicht zu erkennen.

c) Atypische Funde.

Außer diesen normalen Bildern kamen mir vereinzelt sehr merkwürdige zu Gesicht, die nicht ohne weiteres zu deuten oder einzureihen sind. Ein Weibchen von *Canthocamptus staphylinus* mit vollkommen gefülltem Oviduct ergab folgende sonderbare biseriale Anordnung. Die Chromosomen waren alle untereinander mit den Enden verklebt, so daß Dreiecks- und unregelmäßige Viereckfiguren entstanden (Fig. 29 u. 30). Das Bild erinnert einigermaßen an die Verhältnisse bei *C. trispinosus* (Fig. 24). Wieder ganz anders war die biseriale Anordnung bei zwei weiteren Exemplaren von *C. staphylinus*. Die Chromosomen zeigten einen sehr breiten sekundären Längsspalt, so daß sie fast den Eindruck eines diakinetischen Doppelstäbchens machten (Fig. 31 u. 32). Dazu waren die beiden Enkelhälften sehr lang und dünn. Eine tonnenfigurähnliche metakinetische Phase fand sich in einem Eisack eines Weibchens von *C. staphylinus* (Fig. 33). In diesem Falle handelt es sich wohl bestimmt um eine pathologische Erscheinung, denn einzelne Eier des Eisacks enthielten das Chromatin in dicken Klumpen zusammengeballt, also deutlich degeneriert. – Ziemlich häufig fand sich auch ein vollkommener Zerfall sämtlicher Oviducteier. Der Dotter erhält dabei ein grobkörniges

stark färbbares Aussehen. Manchmal sind noch einzelne Kerne zu erkennen, meist sind diese aber ganz verschwunden. Möglicherweise spielen dabei Parasiten eine Rolle.

d) Der Nucleolus.

Bezüglich der Funktion des Nucleolus in der Zelle herrschen vornehmlich zwei Anschauungen. Die eine (O. Hertwig u. a.) nimmt an, daß die Nucleolen zum Aufbau der Chromosomen dienen (also eine Art Transporthypothese), die andre (V. Haecker u. a.), hält den Nucleolus nur für ein »Stoffwechselprodukt des Kernes, dessen Erzeugung in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis zur Intensität der vegetativen Leistungen von Kern und Zelle steht« (Kernsecrethypothese). Ich glaube nun Bilder gefunden zu haben, die für diese letztere Ansicht zu sprechen scheinen.

Ist der Nucleolus wirklich ein secretartiges Stoffwechselprodukt des Kernes, welches nicht direkt zum Aufbau der Chromosomen beiträgt, so ist zu erwarten, daß er mit dem Wachstum des Kernes und der Chromosomen ebenfalls eine Größenzunahme erfährt, und daß insbesondere zur Zeit der endgültigen Ausbildung und Kondensierung der Chromosomen keine wesentliche Verringerung seines Volumens eintritt. Nun kann man tatsächlich bei *Canthocamptus* den Nucleolus von der Präsynapsis an durch alle Stadien bis zur biserialen Anordnung verfolgen und in gleicher Weise wie den Kern an Größe zunehmen sehen. Auch das vorübergehende Auftreten von Kernkörper-Vacuolen hat, soviel ich sehe, keine Größenverminderung, etwa durch Ausstoßung der Vacuolen im Gefolge, vielmehr zeigt der Nucleolus während des schnellen Wachstums der Zelle und des Kernes in der frühen Diakinese, am Ende der mittleren Diakinese und am Anfang der späten Diakinese, wo keine Vacuolen zu sehen sind, gegenüber dem Anfangsstadium eine bedeutende Größenzunahme. Erst nachdem sich die stark verkleinerten Chromosomen in die biseriale Anordnung eingestellt haben und von einem Wachstum der Chromosomen nicht mehr die Rede sein kann, beginnen die eigentlichen Auflösungserscheinungen am Nucleolus. Der Nucleolus selbst ist dann an der gegen die Doppelplatte gerichteten Seite etwas abgeplattet und zeigt vielfach eine bohnenförmige Gestalt und in seinem Innern zahlreiche oder mehrere große Vacuolen (Fig. 12 u. 13). Oft sind auch zwei Nucleolen vorhanden, von denen der eine aus dem andern herausgeflossen zu sein scheint, wie das schon Haecker (1892, Taf. XIX, Fig. 7) beobachtet hat. Der zweite ist meist etwas heller gefärbt. Nun beginnt die eigentliche Auflösung (Fig. 14 *a* u. *b* und Fig. 15). Man sieht noch

einen stark verkleinerten knopf- oder kegelförmigen Nucleolus, von welchem sich ein dunkler Strom von Flüssigkeit in den Kernraum zu ergießen scheint. Dieser Strom teilt sich zuweilen und umfließt von beiden Seiten her die Chromosomen (Fig. 14 *a* u. 14 *b*). Die freien Enden erscheinen verwaschen, wohl ein Zeichen für die Vermischung von Kernsaft und Nucleolarflüssigkeit. Zur Zeit, wenn die Äquatorialplatte vollkommen ausgebildet und die Membran aufgelöst ist, erscheint dann der ganze Kernraum gleichmäßig dunkel gefärbt (Fig. 16). Meines Erachtens sprechen diese Befunde entschieden dagegen, daß die Substanz des Nucleolus bei der Ausbildung der Chromosomen eine Verwendung findet. Viel eher sprechen sie für die Richtigkeit der Kernsecrethypothese.

Literaturverzeichnis.

Arnold, G. 1909. The nucleolus and microchromosomes in the spermatogenesis of Hydrophilus piceus L. Arch. f. Zellforsch. Bd. II.

Bonnevie, K. 1906. Untersuchungen über Keimzellen. I. Beobachtungen an den Keimzellen von Enteroxenos östergreni. Jena. Z. Naturw. Bd. XLI.

—— 1908. Chromosomenstudien. Arch. f. Zellforsch. Bd. I.

—— 1909. Chromosomenstudien. II. Heterotypische Mitose als Reifungscharakter. Nach Untersuchungen an Nereis limbata Ehlers, Thalassema mellita Conn. und Cerebratulus lacteus Hubr. Arch. f. Zellforsch. Bd. II.

Brauer. 1909. Die Süßwasserfauna Deutschlands. (C. van Douwe: Copepoda.) Jena.

Braun, H. 1909. Die specifischen Chromosomenzahlen der einheimischen Arten der Gattung Cyclops. Arch. f. Zellforsch. Bd. III.

Claus, C. 1863. Die freilebenden Copepoden mit besonderer Berücksichtigung der Fauna Deutschlands, der Nordsee und des Mittelmeers. Leipzig.

Dingler, M. 1910. Über die Spermatogenese des Dicrocoelium lanceatum Stil. et Hass (Distomum lanceolatum). Arch. f. Zellforsch. Bd. IV.

Duesberg, I. 1908. Les divisions des spermatocytes chez le Rat. Arch. f. Zellforsch. Bd. I.

Fick, R. 1908. Zur Konjugation der Chromosomen. Arch. f. Zellforsch. Bd. I.

Goldschmidt, R. 1908 a. Über das Verhalten des Chromatins bei der Eireifung und Befruchtung des Dicrocoelium lanceolatum. Arch. f. Zellforsch. Bd. I.

—— 1908 b. Ist eine parallele Chromosomenkonjugation bewiesen? Arch. f. Zellforsch. Bd. I.

—— 1908 c. Die Chromatinreifung der Geschlechtszellen des Zoogonus mirus Lss. und der Primärtypus der Reduktion. Arch. f. Zellforsch. Bd. II.

Grégoire, V. 1910. Les cinèses de maturation dans les deux règnes. L'unité essentielle du processus méiotique (second mémoire). Cellule. Tome XXVI.

Gross, I. 1904. Die Spermatogenese von Syromastes marginatus L. Zool. Jahrb. Anat. Bd. XX.

—— 1906. Die Spermatogenese von Pyrrhocoris apterus L. Zool. Jahrb. Anat. Bd. XXIII.

Haecker, V. 1892 a. Die Eibildung bei Cyclops und Canthocamptus. Zool. Jahrb. Anat. Bd. V.
—— 1892 b. Die heterotypische Kernteilung im Cyclus der generativen Zellen. Bericht Naturforsch. Gesellsch. Freiburg i. B. Bd. IV. Hft. 4.
—— 1895. Die Vorstadien der Eireifung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLVI.
—— 1899. Praxis und Theorie der Zellen- und Befruchtungslehre. Jena.
—— 1902. Über das Schicksal der elterlichen und großelterlichen Kernanteile. Jena. Z. Naturw. Bd. XXXVII.
—— 1907. Die Chromosomen als angenommene Vererbungsträger. Ergebn. Fortschr. Zool. Bd. I.
—— 1910. Ergebnisse und Ausblicke in der Keimzellenforschung. Zeitschr. f. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre. Bd. III.
Henderson, W. D. 1907. Zur Kenntnis der Spermatogenese von Dytiscus marginalis L., nebst einigen Bemerkungen über den Nucleolus. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LXXXVII.
Hertwig, O. 1901. Handbuch der Entwicklungslehre der Wirbeltiere. (Waldeyer: Geschlechtszellen.) Bd. I.
Jörgensen, M. 1909. Untersuchungen über die Eibildungen bei Nephilis vulgaris Moquin Tandon (Herpobdella atomaria Carena). Arch. f. Zellforsch. Bd. I.
—— 1910. Beiträge zur Kenntnis der Eibildung, Reifung, Befruchtung und Furchung bei Schwämmen (Syconen). Arch. f. Zellforsch. Bd. IV.
Korschelt, E. und K. Heider. 1903. Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Tiere. Allg. Teil. Jena.
Kühn, A. 1908. Die Entwicklung der Keimzellen in den parthenogenetischen Generationen der Cladoceren Daphnia pulex De Geer und Polyphemus pediculus De Geer. Arch. f. Zellforsch. Bd. I.
Lérat, P. 1905. Les phénomènes de maturation dans l'ovogénèse et la spermatogénèse du Cyclops strenuus. Cellule. Tome XXII.
Mc. Gill, C. 1906. The behavior of the nucleoli during oogenesis of the Dragon-fly with especial reference to synapsis. Zool. Jahrb. Anat. Bd. XXIII.
Marcus, H. 1906. Ei- und Samenreife bei Ascaris canis (Werner) (Ascaris mystax). Arch. f. mikr. Anat. Bd. LXVIII.
Matscheck, H. 1910. Über Eireifung und Eiablage bei Copepoden. Arch. f. Zellforsch. Bd. IV.
Meves, Fr. 1908. Es gibt keine parallele Konjugation der Chromosomen. Arch. f. Zellforsch. Bd. I.
Montgomery, Th. H. jr. 1900. The spermatogenesis of Peripatus (Peripatopsis) Balfouri up to the formation of the spermatid. Zool. Jahrb. Anat. Bd. XIV.
—— 1909. On morphological difference of the chromosomes of Ascaris megalocephala. Arch. f. Zellforsch. Bd. II.
Moroff, Th. 1908. Oogenetische Studien. I. Copepoden. Arch. f. Zellforsch. Bd. II.
Paulmier, F. C. 1899. The spermatogenesis of Anasa tristis. Journ. of Morph. Vol. XV. suppl.
Rückert. 1893. Zur Eireifung bei Copepoden. Anat. Hefte. Hft. IV.
—— 1894. Die Chromatinreduktion bei der Reifung der Sexualzellen. Ergebn. d. Anat. und Entw.-Gesch. Bd. III.
Schäfer, Fr. 1907. Spermatogenese von Dytiscus. Ein Beitrag zur Frage der Chromatinreduktion. Zool. Jahrb. Anat. Bd. XXIII.

Schleip, W. 1906. Die Entwicklung der Chromosomen im Ei von Planaria gonocephala Dug. Zool. Jahrb. Anat. Bd. XXIII.

—— 1908. Vergleichende Untersuchungen der Eireifung bei parthenogenetisch und bei geschlechtlich sich fortpflanzenden Ostracoden. Arch. f. Zellforsch. Bd. II.

Schmeil, O. 1892/96. Deutschlands freilebende Süßwassercopepoden. II. Teil. Harpacticidae. Bibl. Zoolog.

Schoenfeld, H. 1901. La spermatogénèse chez le Taureau et chez les Mammifères en général. Arch. de Biolog. Tome XVIII.

Schreiner, A. und K. E. 1905. Über die Entwicklung der männlichen Geschlechtszellen von Myxine glutinosa. Arch. de Biolog. Tome XXI.

—— 1906 a. Neue Studien über die Chromatinreifung der Geschlechtszellen. I. Die Reifung der männlichen Geschlechtszellen von Tomopteris onisciformis. Arch. de Biolog. Tome XXII.

—— 1906 b. Neue Studien über die Chromatinreifung der Geschlechtszellen. II. Die Reifung der männlichen Geschlechtszellen von Salamandra maculosa (Laur.), Spinax niger (Bonap.) und Myxine glutinosa (L.). Arch. de Biolog. Tome XXII.

Vejdovsky, Fr. 1907. Neue Untersuchungen über Reifung und Befruchtung. Kgl. Böhm. Gesellsch. d. Wissenschaften in Prag.

Winiwarter, H. v. 1909. Recherches sur l'ovogénèse et l'organogénèse de l'ovaire des Mammifères (Lapin et Homme). Arch. de Biolog. Tome XVII.

Wolf, E. 1905. Die Fortpflanzungsverhältnisse der einheimischen Süßwassercopepoden. Zool. Jahrb. Systematik. Bd. XXII.

Figurenerklärung.

Tafel VII—IX.

Alle Figuren mit Abbeschem Zeichenapparat auf Tischhöhe projiziert. Reichert. Apert. 1,30 und Compensationsoculare.

Figur 1—21. *Canthocamptus staphylinus.*

Fig. 1 u. 2. Vermehrungsperiode und Synapsiszone. Obj. 1/12. Oc. 4.

Fig. 1. Ovarium mit den beiden Endzipfeln. *ur* = Ureikerne, *od* = oogoniale Diakinesen, *pr* = Präsynapsis, *s* = Synapsis, *ps* = Postsynapsis, *b* = Bukettstadium.

Fig. 2. Ovariumabschnitt. *od* = oonogiale Diakinese, *pr* = Präsynapsis, *s* = Synapsis, *ps* = Postsynapsis, *m* = Mitose.

Fig. 3*a*—11. Diakinese. Obj. 1/12. Comp.-Oc. 8.

Fig. 3*a* u. 3*b*. Frühe Diakinese. Strepsinema.

Fig. 4. Mittlere Diakinese. Sternfigur.

Fig. 5. Mittlere Diakinese. Ringfigur.

Fig. 6 u. 7. Entwicklungsverschiedenheit der Chromosomen. Fig. 6: Chromiolen; Fig. 7: konzentrierte Chromosomen.

Fig. 8 u. 9. »Sonderchromosomen«. Fig. 8: ein einzelnes ungespaltenes; Fig. 9: drei ungespaltene (Größenunterschied).

Fig. 10*a*—10*c*. Zählung der Doppelstäbe: 12 × ein Chromosomenpaar. Sekundärer Längsspalt.

Fig. 11. Späte Diakinese. Sekundärer Längsspalt (Tetraden). Zwei Nucleolen.

Fig. 12—18*b*. Biseriale Anordnung. Obj. 1/12. Comp.-Oc. 12.

Fig. 12 u. 13. Kernmembran und Nucleolus erhalten. Fig. 12: Querschnitt, Nucleolus ausgehöhlt; Fig. 13: Polansicht.

Fig. 14*a*—15. Kernmembran aufgelöst. Nucleolus in Auflösung. Fig. 14*a* u. 14*b*: Polansicht; Fig. 15: Querschnitt.

Fig. 16. Biseriale Anordnung: 12 Chromosomen. Gonomerie.

Fig. 17*a* u. 17*b*. Sekundärer Längsspalt.

Fig. 18*a* u. 18*b*. Querkerbe.

Fig. 19—21. Diakinese. Zweiter Modus. Obj. 1/12. Comp.-Oc. 8.

Fig. 19 u. 20. Ringfigur der Chromosomen.

Fig. 21. Kreuzbildung.

Figur 22*a*—26. *Canthocamptus trispinosus.*

Fig. 22*a*—22*c*. Diakinese. 11 Chromosomen. Größenverschiedenheit. Sekundärer Längsspalt. *gr* = die beiden großen, *i* = das kleine Chromosom. Obj. 1/12. Comp.-Oc. 12.

Fig. 23 u. 24. Biseriale Anordnung im Oviduct. Obj. 1/12. Comp.-Oc. 12.

Fig. 23. Querschnitt.

Fig. 24. Polansicht (synapsisähnlich).

Fig. 25 u. 26. Anaphase I. Obj. 1/12. Comp.-Oc. 12.

Fig. 25. Polansicht. 11 Chromosomen. Querkerbe. *gr* = die beiden großen, *i* = das kleine Chromosom.

Fig. 26. Querschnitt. Sekundärer Längsspalt.

Figur 27 u. 28. *Nitocra hibernica.*

Fig. 27 u. 28. Biseriale Anordnung. Obj. 1/12. Comp.-Oc. 12.

Fig. 27. Querschnitt.

Fig. 28. Polansicht. 8 Chromosomen.

Figur 29—33, Atypische Funde.

Fig. 29 u. 30. *Canthocamptus staphylinus.* Biseriale Anordnung. Verschmelzung der Chromosomen. Obj. 1/12. Comp.-Oc. 12.

Fig. 29. Querschnitt.

Fig. 30. Polansicht.

Fig. 31 u. 32. *C. staphylinus.* Biseriale Anordnung. Sekundärer Längsspalt stark ausgeprägt. Dünne Chromosomen. Obj. 1/12. Comp.-Oc. 12.

Fig. 31. Polansicht.

Fig. 32. Querschnitt.

Fig. 33. Eisackei. *C. staphylinus.* Tonnenfigur. Obj. 1/12. Comp.-Oc. 12.

Lebenslauf.

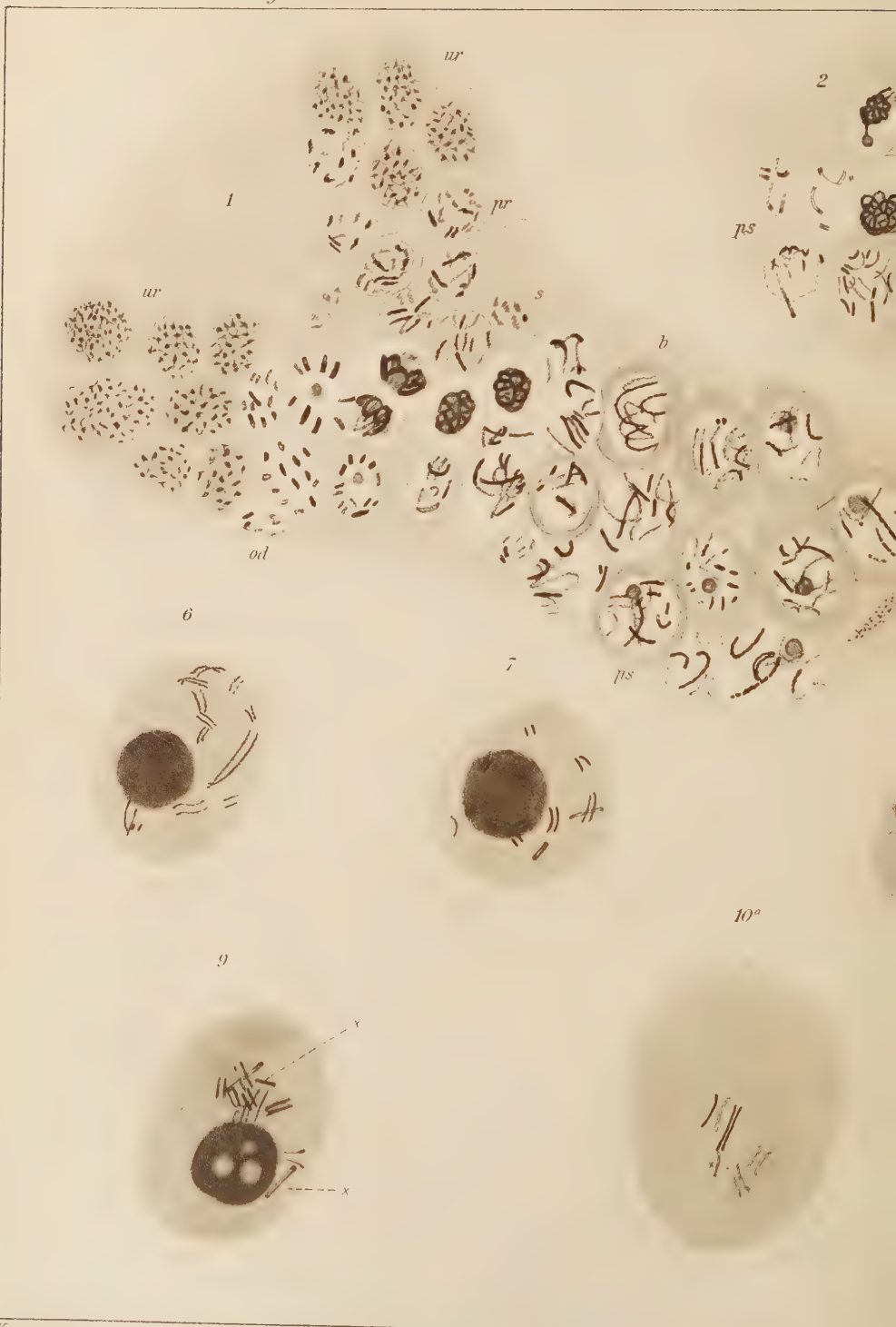
Am 18. Dezember 1886 wurde ich, Franz Heinrich Paul Krüger zu Halle a. S. als Sohn des Magistratssekretärs Friedrich Krüger, evangelischer Konfession, geboren. Von Ostern 1893 bis Ostern 1897 besuchte ich die Mittelschule meiner Vaterstadt und ging dann zur Städtischen Oberrealschule über, die ich Ostern 1906 mit dem Reifezeugnis verließ. Nach Ableistung meiner Militärpflicht als Einjährig-Freiwilliger, widmete ich mich, von meinem dritten Semester ab, dem Studium der Naturwissenschaften an der Friedrichs-Universität zu Halle a. S. Das Rigorosum bestand ich am 25. Juli 1910.

Während meiner Studienzeit, die durch eine achtwöchentliche militärische Übung und einen vierwöchentlichen Aufenthalt (April, Mai 1909) an der Zoologischen Station zu Triest unterbrochen wurde, hörte ich Vorlesungen bei folgenden Herren Professoren und Dozenten:

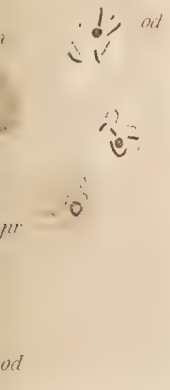
Abert, Brandes, Brüel, Busse†, Dorn, Ebbinghaus†, Grenacher, Haecker, Klebs, Küster, Lesser, Menzer, Mez, Noll†, Roux, Vorländer, Volhard†, Walther.

Allen diesen Herren danke ich an dieser Stelle. Besonders danke ich Herrn Professor Dr. Haecker für die Anregung zu dieser Arbeit und das mir entgegengebrachte Interesse während des Verlaufes derselben. In gleicher Weise danke ich Herrn Privatdozenten Dr. Brüel für seine rege Unterstützung mit Rat und Tat.

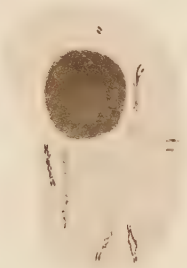
Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.



Kruger gez



3c



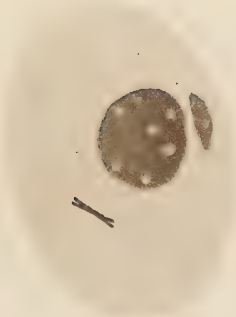
3b

4

5

10b

10c



Leinzig.

Werner u. Winter, Frankfurt a/M.

11

t

t

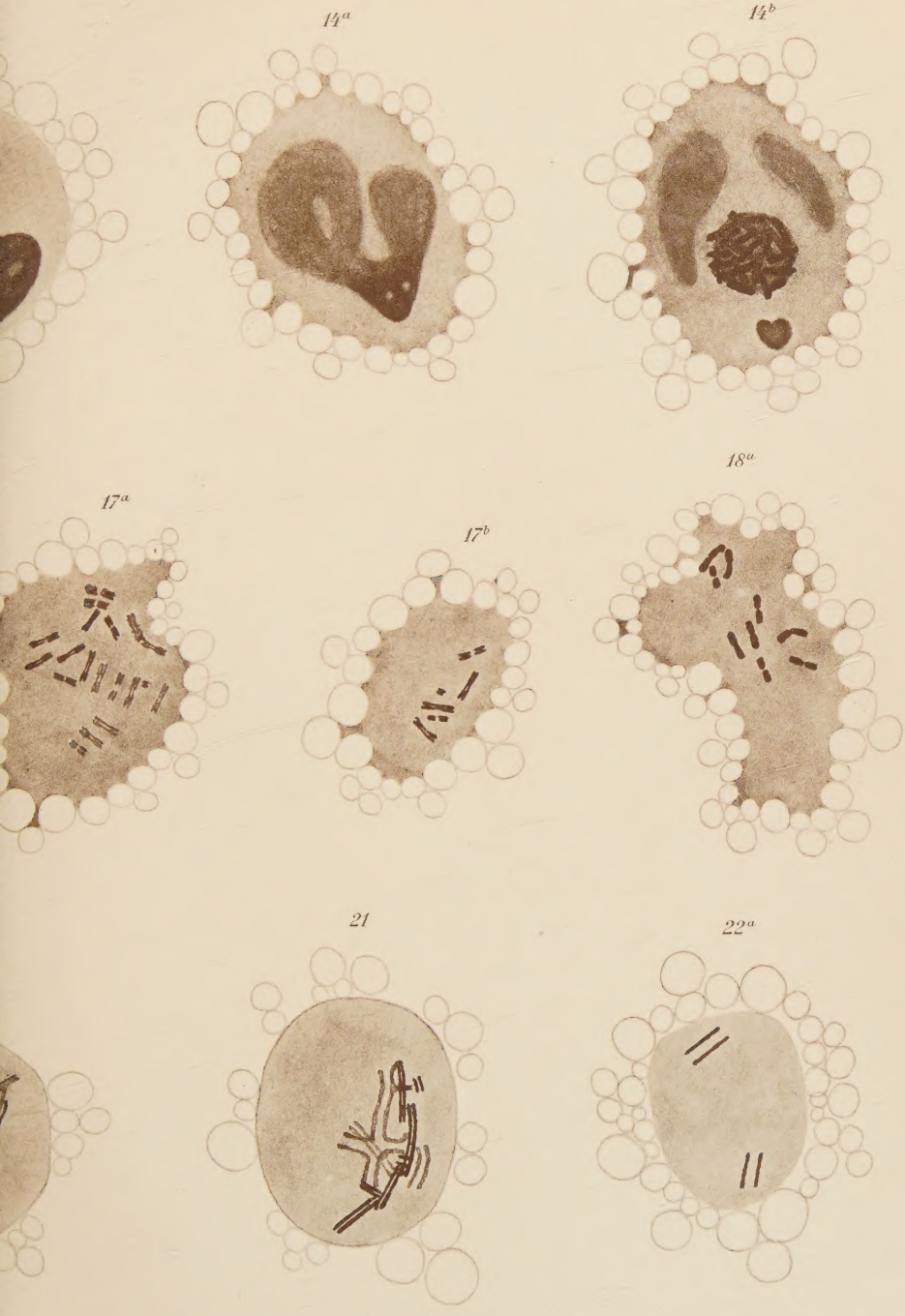
12

13

16

18b

19


14a
14b
18a
17a
17b
21
22a